

AZ AGRÁRIUM ÉS AZ ÖKOLÓGIAI FENNTARTHATÓSÁG II. RÉSZ: A HARMADIK ZÖLD FORRADALOM ÉS A DOLGOK INTERNETE¹

AGRICULTURAL AND ECOLOGICAL SUSTAINABILITY PART 2: THE THIRD GREEN REVOLUTION AND THE INTERNET OF THINGS

Neményi Miklós

az MTA rendes tagja, professor emeritus, Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék, Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány második része az első részben felvetett problémák megoldására tesz javaslatot. A harmadik zöld forradalom új alapokra helyezi az információgyűjtést. A dolgok internete (IoT: Internet of Things) rendszer, amely bármikor és bárhol, bármivel és bárkivel kapcsolatot tud teremteni az interneten keresztül, érzékelőket csatlakoztat egy vezeték nélküli hálózathoz, és adatokat szolgáltat az élő és élettelen „tárgyakról”. Emberi beavatkozás nélkül létre lehet hozni a gépek közötti kapcsolatot (m2m). Az érzékelőktől kapott jeleket a mesterséges intelligencia nyújtotta lehetőségek kihasználásával lehet elemezni. Ez lehetővé teszi a növény és a környezet közötti dinamikus kapcsolat elemzését. A tanulmány bemutatja az IoT lehetőségeit a fenntarthatóság terén mind a fejlett, mind a fejlődő országokban. A történelemben volt már sikeres program az éhezés felszámolására. A Norman Borlaug professzor által szervezett zöld forradalom tapasztalatai alapján a modern IKT használatával egy ilyen világméretű program eredményes lehet.

ABSTRACT

The second part of the study offers therapy for the problems raised in the first part. The Third Green Revolution puts information gathering on a new footing. The Internet of Things (IoT) system, which implements connection anytime and anywhere with anything and anyone over the internet, connects sensors to a wireless network that provide data on living and inanimate 'objects'. A machine-to-machine connection (m2m) can be established, omitting human intervention. The signals received from the sensors can be analysed utilizing artificial intelligence. This allows for the analysis of dynamic relationships between plants and their environment. The paper introduces the potential of IoT in the field of sustainability in both developed and developing countries. This can be supported by the fact that there has already been a successful program in history to eradicate hunger, as we can see in the Green Revolution and the work of Professor Norman Borlaug. Therefore, by using modern ICT such a worldwide program could be implemented and effective.

¹ Az írás 2019. november 11-én, a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából az MTA székházban elhangzott előadás átdolgozott és kibővített összefoglalója.

Kulcsszavak: fejlett és fejlődő országok konvergenciája, paradigmaváltás, dolgok internete, agrár-IoT, nagy adattömbök, adatbányászat, mesterséges intelligencia, 3. zöld forradalom

Keywords: convergence of developed and developing countries, paradigm shift, Internet of Things, Agro-IoT, Big Data, data mining, Artificial Intelligence, 3rd Green revolution

A tanulmánnyal Dimény Imre (1922–1917), Győrffy Béla (1928–2002) és Láng István (1931–2016) akadémikusok emléke előtt szeretne a szerző tisztelegni.

BEVEZETŐ GONDOLATOK

A tanulmányban a szerző a diagnózis mellett terápiát ajánl. Kivitelezhető és várhatóan hatékony megoldások csak kevés publikációban jelennek meg. Évtizedek óta csak a célok, illetve a feladatok kitűzése folyik szerény eredményességgel.

Szemléletváltás és monitoring a fejlett országokban

Az ún. „átlagember” a fejlett országokban csak úgy változtatja meg a véleményét és a hozzáállását, ha folyamatosan információkat kap a kedvezőtlen változásokról. Az „átlagembert” csak részben lehet aktivizálni, szokásait, hozzáállását megváltoztatni azzal, hogy távoli, más klímakörülmények mellett milyen kedvezőtlen változások történnek. Erkölcsfilozófiai intelmek, akár fenyegetések sem eléggé hatékonyak. Ha megfelelő monitoringrendszer működik például egy erdőben, és a kiránduló egy tájékoztató táblán látja, vagy a mobiltelefonjával lehívhatja az ottani kedvezőtlen változásokat, tendenciákat, amelyeket a turisták vagy akár az éghajlatváltozás okoz, akkor jobban megérti, hogy ő személy szerint mit tehetne, hogy a helyzet kedvező irányba változzon. Megértőbb lesz a kutatási programok célkitűzéseivel is.

Az élelem létkérdés

A másik kihívás az éhezéssel kapcsolatos etikai kérdés a fejlődő, illetve a legkevésbé fejlett régiókban. Akik éhesek, nem fognak azon gondolkodni, hogy a tőlük távol eső gazdag országokban született erkölcsi normáknak megfeleljenek. Ők akkor és ott tesznek meg mindent, hogy a holnapot megérik. Humanitárius és ökológiai kérdések még a gondolataikban sem jelennek meg. Mindent elkövetnek, hogy kezelni tudják a helyzetet. Külső szankciókkal semmilyen eredményt nem lehet elérni.

KRONOLÓGIAI VISSZATEKINTÉS

Az első zöld forradalom:
nyolcvan éve paradigmaváltás a növénytermesztésben

A világon az első korszerű, technológián alapuló növénytermelési rendszer, a *Green Revolution*, a *zöld forradalom* Norman Borlaug (1914–2009) nevéhez fűződik. Borlaug 1939-ben növénykórtanból diplomázott a Minnesotai Egyetemen, 1942-ben ugyanott doktorált. Ezt követően Mexikóban, ahol a gabonaszükséglet felét tudták csak megtermelni, a Rockefeller Alapítvány támogatásával egy teljesen új programba kezdett, amelynek lényege a technológiai fegyelem, a legkorszerűbb búzafajták, növényvédőszeres, erő- és munkagépek, öntözőrendszerek stb. alkalmazása volt. A drasztikus populációnövekedés ellenére Mexikó rövidesen önelátóvá vált gabonafélékből. Pakisztánban és Indiában is sikeres volt a program.

Norman Borlaug 1970-ben Nobel-békedíjat kapott, a számos tudományos elismerése mellett a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja volt (1980). Néhány, még ma is elgondolkodtató kijelentése:

„Az ételhez jutás erkölcsi joga mindenkinek, aki ebbe a világba született... Néhány környezetvédő lobbista kiváló ember, de a legtöbb életművész. Ezek soha nem tapasztalták meg az éhségérzetet. A lobbitevékenységüket elegáns irodákból fejtik ki Washingtonban vagy Brüsszelben. Ha csak egy hónapig élnének nyomorban a fejlődő országokban ott, ahol én ötven évet töltöttem, azonnal traktorért, műtrágyáért és öntöző csatornáért kiáltanának.” (URL1)

A második zöld forradalom,
a precíziós mezőgazdaság

David Tilman 1998-ban cikket közölt a *Nature*-ben *The Greening of the Green Revolution* (A zöld forradalom kizöldítése) címmel (Tilman, 1998). Ebben jelezte, hogy az intenzív növénytermesztési technológiákat környezetkímélőbbé kell tenni, és ehhez hozzájárulhatnak a precíziós technológiák. Tilman szerint a „zöld forradalom” kizöldítése forradalmi változást igényel az ökológiai folyamatok feltárásánál: a kártevők dinamikája, a talajban lejátszódó állapotváltozások és a mikrobiológiai ökológia terén is.

A Precíziós Mezőgazdaság Nemzetközi Szervezetének (ISPA: International Society of Precision Agriculture) honlapja szerint: „A precíziós mezőgazdaság olyan irányítási stratégia, amely összegyűjti, feldolgozza és elemzi az időbeni, térbeli és egyedi adatokat, ezeket egyéb információkkal összevetve támogatja a vezetés döntéseit abból a célból, hogy a várható változékonyság figyelembevételével hatékonyabb legyen az erőforrás-felhasználás, a termelékenység, a minőség, a jövedelmezőség, és a mezőgazdasági termelés fenntartható legyen.”

A várható változékonyságon a táblán belüli eltéréseket, illetve az azokra adandó helyspecifikus válaszokat kell érteni. A precíziós állattenyésztésnél ezekhez a szempontokhoz még az állatjólét biztosítása is kiemelt jelentőségű elvárás.

Tilman professzor munkatársaival a *Nature*-ben megdöbbentő adatokat közölt az agráriumhoz köthető környezetszennyezésekről. Ezek között ki kell emelni, hogy a például a nitrogén műtrágyák 30–50, a foszfor műtrágyák 45%-át hasznosítják csak a kultúrák (Tilman et al., 2002). A fennmaradó rész jelentős környezetszennyezőként jelentkezik.

A jelenlegi gyakorlatokban a precíziós technológiák csak részben váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Különösen vonatkozik ez a fenntarthatóság kritériumainak figyelembevételére.

Louis Longchamps és munkatársai (2018) a mezőgazdasággal kapcsolatos kutatásoknál a paradigmaváltás szükségességére hívták fel a figyelmet. Felvetették, hogy észelve a mezőgazdaság kedvezőtlen hatását a bioszférára, az arra adandó válaszok egyre nagyobb időintervallumot igényelnek. A megoldás: új kutatási módszereket kell kidolgozni, az eddigiéknél sokkal nagyobb adatbázisokra (Big Data) kell a tudományos következtetéseket alapozni farmon, illetve táblán belül, regionális és globális szinten egyaránt.

A HARMADIK ZÖLD FORRADALOM ÉS AZ IoT

Felmerül a kérdés: Hogyan járulhat hozzá az IKT (Információs és Kommunikációs Technológia) fejlődésének legújabb állomása, az IoT, a dolgok internete a fenntarthatósághoz? Hogyan tud megoldást kínálni az előbbieken vázolt problémákra? Milyen módon tud a fenntarthatóság elvárásainak egyidejűleg megfelelni a fejlett és a fejlődő, de különösen a legkevésbé fejlett országokban? Ez azért is kihívás, mert a fejlett országokban a mezőgazdaságban át kell állni környezetkímélő technológiákra, és egyben a lakosság szemléletét is meg kell változtatni, míg a fejlődő országokban az alapvető probléma az élelmiszerbiztonság és az egészséges ivóvíz.

A dolgok internete kommunikációt tesz lehetővé ember–ember, ember–dolog és dolog–dolog között úgy, hogy az ember mint közvetítő, illetve döntéshozó egyre jobban kikerül a rendszerből. A dolgok internete számítástechnikai és kommunikációs forradalom a vezeték nélküli technológiától a nanotechnológiára alapozott érzékelőkig. Forradalminak lehet nevezni az IoT-t olyan értelemben is, hogy teljesen megváltoztatja az életkörülményeinket. Olyan összefüggések feltárására lesz lehetőség, amelyekre eddig az adatbázisok és modellezési módszerek nem adtak lehetőséget.

Az IoT intenzív fejlődése egyre jobban abba az irányba viszi az internet fejlődését, hogy a különböző helyekről, különböző formában (kép, hang, egyéb digitális adatok stb.) érkező információkat egységes szemlélettel dolgozza fel a döntéshozatal megalapozása céljából.

LORAWAN DOLGOK INTERNETE (IOT) RENDSZER
A SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KARÁN

Az általunk „Agrár-IoT”-nek nevezett program első, pilot projektnek tekintett szakaszában a célunk az volt, hogy a kultúrnövényről, a talajról és mikroklímáról valós idejű (real time) információkat gyűjtsünk, és ezen adattömbök (Big Data) által tartalmazott összefüggések feltárásával pontosítsuk az eddig használt döntéstámogató modellrendszert.

IoT-rendszert lehet kiépíteni (LoRaWAN), illetve lehet GSM-alapú, mobil telefon-hálózatra alapozni. Az IoT-rendszer telepítését tavaly májusban kezdtük. A pilot berendezésekről gyűjtött tapasztalatok alapján az idén márciusban egy Tématerületi Kiválósági Program keretében a 15 ha-os kísérleti táblán három talajféleségnél IoT- és egy meteorológiai állomást telepítettünk, felhasználva a korábbi ilyen irányú tapasztalatokat. Minden egység az Antenna Hungária Zrt. (AH) LoRaWAN IoT-hálózatához kapcsolódik. Ugyancsak ez a rendszer fogadja azoknak a szenzoroknak a jeleit, amelyeket a táblát szegélyező erdősávban helyeztünk el. A szenzorok adatai a LoRa (Long Range) kommunikációs hálózaton keresztül jutnak el a kapuig, majd onnan az AH IoT hálózati szerverekre. Kutatócsoportunk mint felhasználó, közvetlenül az Antenna Hungária szervereitől kapja a negyedórás felbontású mérési adatokat. Ezek feldolgozása és megjelenítése azonban már a mi alkalmazásszervereinken történik.

Hosszú távú cél, hogy az *on-the-go* (mozgás közben érzékelő) mérőrendszerek, például robotok, a talajban vontatott mérőegységek vagy a távérzékelés által szolgáltatott adatok ugyancsak integrálódjanak a rendszerbe, és a stabil műszerek folyamatosan és automatikusan validálják ezen adatokat a környezetükben történő elhaladáskor.

A monitorozási paraméterek: a talaj elektromos vezetőképessége, a talaj víztartalma és a talaj hőmérséklete különböző mélységeken (5, 20, 40, 60 és 80 cm), a levegő hőmérséklete, páratartalma és nyomása, a levél felületének páratartalma és a szárvastagság.

További eszközök érzékelik a környezeti tényezőket: a talajvíz pH-ját és nitrít-, nitráttartalmát, a talaj CO₂- és ammóniakibocsátását és az oxigéntermelődést. A komplex meteorológiai állomás tíz paramétert elemez. Ugyanakkor adatszolgáltatás történik a műholdas, repülőgépes, illetve drónfelvételek kiértékelésekor is. A rendszert tovább fogjuk fejleszteni rovar feromoncsapdákkal és kamerákkal, amelyek hasznos információkat nyújtanak a termesztett kultúrákról és azok környezetéről.

Az adatok kiértékelése

A nagyszámú adatgyűjtéssel a talajban lejátszódó állapotváltozásokat, például a nitrátok és nitritek, valamint egyéb szennyeződések diffúzióját, talajvízbe jutásának törvényszerűségeit tudjuk pontosítani, ezzel többek között környezetkímélő tápanyagellátást lehet biztosítani, továbbá intelligens, energia- és víztakarékos öntözési rendszert tudunk kiépíteni és működtetni. Az IoT-állomások lehetőséget adnak a mezőgazdasági termelési rendszer és a környezete kapcsolatának tanulmányozására is. A fent vázolt rendszer alapját képezheti a *soil to kitchen* (a talajtól a konyháig) monitoringnak, vagyis egy olyan adatsornak, amelynél a vásárló az ételkészítés előállításának folyamatát a talajtól (talajműveléstől) egészen az étkezésig, a konyháig nyomon tudja követni: milyen műveleteket végeztek, milyen vegyszereket használtak, milyen távolságra szállították a terméket, milyen hosszan és milyen körülmények között tárolták azt, stb.

Eddig a „hagyományos” növényfiziológiai modelleknél a költséges, laborban mért adatok nagy részét nem folyamatos érzékeléssel, hanem adott időintervallumokban – ezek lehetnek évek is – méréssel gyűjtöttük (Nyéki et al., 2017). A növények növekedési és fejlődési jellemzőinek pontosabb leírása érdekében kellett a változók számát és a mért adatok gyakoriságát növelni. Ez az új érzékelőhálózat dinamikus „Big Data” adatbázisokat kínál. Ma már a nagy adatbázisok feldolgozását, az adatbányászatot szinte kizárólag a mesterséges intelligenciára alapozott módszerekkel végezzük (Nyéki et al., 2019).

Mivel méréseink száma és a levonható következtetések komplexitása sok nagyságrenddel növekszik, folyamatosan közelebb kerülünk a projekt végső céljához: az automatizált, fenntartható, környezetkímélő növénytermesztési rendszerek műszaki-informatikai megalapozásához.

AZ IOT ÉS A FEJLŐDŐ ORSZÁGOK

Az IoT-re alapozott döntéshozatal egyidejűleg tud társadalmi és gazdasági problémákat kezelni.

A fejlődő, de különösen a legkevésbé fejlett (Least Developed) országok gyorsulásának kulcsa, az első lépés a mezőgazdaság fejlesztése, melynek lényege a genetikai potenciál kihasználása és a technológia betartása. Ezzel mérsékelhető és hosszú távon felszámolható az éhínség. A genetikai potenciál kihasználása a szántóföldeken elsősorban az optimális tápanyag kijuttatását, a korszerű növényvédelmet és szárazság esetén a víztakarékos öntözést jelenti. Ugyanakkor ennek környezetkímélő módon kell történnie, figyelembe véve például, hogy az egyébként is nitrátosodott és más szennyeződésekkel terhelt talajvizet tovább ne szennyezzük, hiszen ehhez kapcsolódnak az ivóvízellátás javításával kapcsola-

tos elengedhetetlen fejlesztések. Világosan látszik, hogy a globális és a lokális fejlődés nincs összhangban. A fejlődő országok nagy részénél a globális fejlődés kedvezőtlenül hatott a lokálisra, olyan értelemben, hogy tovább növelte a fejlett és fejlődő országok közötti szociális különbségeket (Molnár, 2018).

A fejlődő országok fejletlensége előnyös lehet abból a szempontból, hogy például az energiaellátás fejlesztésénél már eleve a korszerű „zöld”, megújuló energiákat tudják előnyben részesíteni (Czirják–Klemensits, 2018).

Jelenleg az IoT intenzívebb elterjedését a magas beruházási és karbantartási költségek, az üzemeltetéshez szükséges tudás hiánya, az alacsony szintű közbiztonság, az egyéb infrastruktúra hiánya és az alacsony szintű internet-szolgáltatás gátolja. Növelni kell az internet felhasználásával végezhető oktatást is.

Az IoT használatának lehetőségei a fejlődő országokban is széles körűek: a közművek felügyelete, a legelő állatok tartózkodásának a nyomon követése, a közlekedés biztonságának a javítása, az egészségügy fejlesztése, a balesetmentes munkahelyek kialakítása, a környezet monitoringja: szélsőséges időjárási események, ciklonok, árvizek, aszályok előrejelzése. IoT-rendszer segítheti, ellenőrizheti, hogy a vakcinák szállításakor a hűtőkocsik hőmérséklete az előírt tartományban maradjon (Miazi et al., 2016).

Az Oxfordi Egyetem kutatócsoportja IoT-rendszerrel ellenőrizte a kézi üzemeltetési kutak használatának jellemzőit. Az adatok feldolgozása révén olyan megelőző karbantartási programot dolgoztak ki, amely révén a kutak meghibásodása gyakorlatilag megszűnt (URL2). Az IoT-rendszerek révén a kutak arzénterhelésének felügyelete is ellátható. Az IoT-rendszerben működtetett vízszivattyúk meghibásodásakor a karbantartókat SMS-sel lehet értesíteni. Mozgásérzékelőkkel és vízárammérőkkel lehet ellenőrizni, hogy a lakosok milyen gyakran mosnak kezét.

Nemcsak az energiaellátásnál, de más területen is behozhatják a lemaradásukat a fejlődő országok: például a rossz útviszonyok esetén a sürgősségi vérellátás drónok használatával oldható meg. Ezzel a többórás szállítási idő jelentősen csökkenhet.

UTÓIRAT

A dolgozat a fejlett és fejlődő világ konvergenciájának a lehetőségeit igyekezett bemutatni. Szerencsére már az IoT-világcégek is indítanak programokat a fejlődők felzárkózásának segítésére, egyben hozzájárulva az ENSZ SDG (Sustainable Development Goals: Fenntartható Fejlődési Célok) programjának megvalósulásához.

Amikor a témában az MTA Székházában a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából, a kiemelt rendezvénysorozat keretében előadást tartottam (2019. november 11.), még senki nem gondolta Magyarországon, hogy ilyen váratlan és

globális vírusfertőzés fogja az egész világot térdre kényszeríteni. Ennek, az emberiség számára várhatóan jelentős változást hozó pandémiának egy pozitív hozadéka bizonyosan lesz: ráirányítja a figyelmet, hogy az emberiség és a körülötte lévő élő és élettelen világ kapcsolatában teljesen más utakra kell térni. Hiszek abban, hogy van még visszaút. Ehhez azonban az élővilágot egyenrangú partnernek kell tekintenünk. Olyan ismeretekre kell ismét szert tennünk, amelyek korábban a tudatunk részét képezték. Ellenkező esetben nem a fenntarthatóságunk, hanem a fennmaradásunk kerül veszélybe. Jelenleg súlyos környezetvédelmi és ökológiai bűnöket követünk el, veszélyeztetve a jövő generáció létét. A kutatók felelőssége is jelentős. Ilyen nagy adatbázisokat sem a természetvédők, sem az agrármérnökök más formában nem, csak a fent említett módon tudnak rögzíteni. Ezzel az agrárökológiai, illetve agrár- és természetes ökológiai rendszerek kapcsolatát leíró modellek pontossága jelentősen növekedhet. Hiszek abban, hogy egyszer eljutunk oda, hogy – Karinthy után szabadon – az igazságot és nem a magunk igazát keressük, és az agrár- és természetes ökológiai rendszerek kutatói az eddigieknél sokkal hatékonyabban fognak együttműködni (Neményi, 2013).

Külön kell szólni a fejlődő világról és azon belül a több mint egymilliárd éhező földlakosról. A történelemben már volt sikeres program az éhezés felszámolására. A Norman Borlaug professzor nevéhez fűződő *zöld forradalom* tapasztalataira alapozva, meddő tanácskozások helyett a korszerű IKT, az IoT lehetőségeinek felhasználásával hatékony lehetne egy ilyen világméretű program.

A cikk megírásához szükséges kutatásokhoz a „Tématerületi Kiválósági Program – 2019 (TUDFO/51757/2019-ITM)” és a Széchenyi István Egyetem biztosított forrást.

IRODALOM

- Czirják R. – Klemensits P. (2018): *GeoDebates: A negyedik ipari forradalom hatása a fejlődő világra*. PAGEO, Geopolitikai Kutatóintézet, <http://www.geopolitika.hu/hu/2018/03/12/geo-debates-a-negyedik-ipari-forradalom-hatasa-a-fejlodo-vilagra/>
- Longchamps, L. – Tremblay, N. – Panneton, B. (2018): *Observational Studies in Agriculture: Paradigm Shift Required Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture*. June 24 – June 27, 2018 Montreal, Canada, <https://internationalsocietyofprecisionagriculture.org/proceedings/?action=download&item=5436>
- Miazi, N. S. – Erasmus, S. – Razzaque, A. et al. (2016): Enabling the Internet of Things in Developing Countries: Opportunities and Challenges. *International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*. DOI: 10.1109/ICIEV.2016.7760066, https://www.researchgate.net/publication/311757185_Enabling_the_Internet_of_Things_in_developing_countries_Opportunities_and_challenges
- Molnár Sz. (2018): A negyedik ipari forradalom nem várt hatásai. *E-Közgazdagság*, 43–51. http://kozszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2018/3/06_Negyedik_ipari_forradalom.pdf

- Neményi M. (2013): Hozzászólás Láng István és Kerekes Sándor *Megalakult a Túlélés Szellemi Kör* című írásához. *Magyar Tudomány*, 174, 3, 326–329. <http://www.matud.iif.hu/2013/03/12.htm>
- Nyéki A. – Kerepesi Cs. – Daróczy B. et al. (2019): Maize Yield Prediction Based on Artificial Intelligence Using Spatio-temporal Data. In: Stafford, J. V. (ed.): *Precision Agriculture'19*. 1011–1017. DOI: 10.3920/978-90-8686-888-9, https://www.researchgate.net/publication/334306827_Maize_yield_prediction_based_on_artificial_intelligence_using_spatio-temporal_data
- Nyéki A. – Milics G. – Kovács A. J. et al. (2017): Effects of Soil Compaction on Cereal Yield: Review. *Cereal Research Communications*, 45, 1, 1–22. DOI: 10.1556/0806.44.2016.056, <http://real.mtak.hu/50399/1/0806.44.2016.056.pdf>
- Tilman, D. (1998): The Greening of the Green Revolution. *Nature*, 396, 211–212. DOI: 10.1038/24254, <https://www.nature.com/articles/24254>
- Tilman, D. – Cassman, K. G. – Matson, P. A. et al. (2002): Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature*, 418, 671–677. DOI: 10.1038/nature01014

URL1: <https://www.quotetab.com/quotes/by-norman-borlaug>

URL2: <https://barbaraiot.com/articles/iot-developing-countries/#>